

평판 디스플레이 세정을 위한 상압 플라즈마 에싱효과에 관한 연구

이건영*, 허용정**

*한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

**한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

e-mail:2gun0@naver.com

A Study on Ashing Effects of Atmospheric Plasma for the Cleaning of Flat Panel Display

Gun-Young Lee*, Yong-Jeong Huh**

*School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

**School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

요 약

본 논문에서는 상압 플라즈마 방식이 적용된 반도체 에싱공정의 포토레지스트 에싱율을 향상시키기 위한 연구가 수행되었다. 웨이퍼 표면에 도포된 포토레지스트의 에싱율을 높이기 위하여 공정에 다구찌 기법을 적용하여 실험하였다. 유의한 인자를 파악하고 적합한 인자의 조합을 결정하여 에싱율 향상을 위한 효율적인 접근을 시도하였다. 이 연구는 상압플라즈마 방식이 적용된 에싱공정에서 개별 인자가 지니고 있는 시스템에 대한 기여율에 대하여 나타내었으며 또한 포토레지스트 에싱에 대한 플라즈마의 효율성을 보여준다.

1. 서론

반도체 세정공정은 어떠한 화학적 변화나 물리적 손상 없이 웨이퍼 표면에 있는 불순물을 제거하는 과정이다. 습식세정의 경우 세정과정을 거치며 사용되는 화학약품으로 인하여 여러 가지의 환경적 문제를 발생시키고 있으며 이를 정화하기 위한 높은 처리 비용이 요구된다. 최근 환경의 중요성이 점차 높아지면서 습식세정을 대체하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1]

건식 세정방식인 플라즈마 세정은 오염물 발생이 없는 환경 친화적 세정방식으로써 점차 그 활용분야가 확대되고 있으며 특히 본 연구와 관련된 반도체 제조분야에서는 세정공정에 상압플라즈마 방식이 적용되고 있다. 상압플라즈마의 경우 진공플라즈마공정에 요구되는 진공시스템이 불필요하므로 연속 생산공정에 적용이 가능하고 경제적이며 대면적화도 용이하다는 장점을 가지고 있다.[2]

본 연구에서는 상압 플라즈마방식을 적용한 에싱공정을 통하여 웨이퍼의 포토레지스트 에싱율(PR Ashing rate)를 향상시키기 위한 연구를 수행하였다. 반도체 공정에서 에싱 공정 기술은 탄화수소 화합물로 구성된 포토레지스트(Photo resist, PR)를 산화막 에칭 공정 후에 제거하기 위하여 사용된다. 목표로의 효율적인 접근을 위하여 다구찌 기법이 적용된 실험을 실시하였다.[3] 포토레지스트 에싱율의 향상과 잡음요인에 관하여 강건한 시스템이 유지될 수 있는 최적의 제어인자 조건을 찾는 것, 그리고 에싱공정에 대한 인자의 독립적 기여도를 파악하여 유의인자를 도출하는 것에 주력하였다.

2. 실험구동 및 측정

시편은 포토레지스트를 10000(Å)의 두께로 쌓은 200mm 웨이퍼를 제작하여 사용하였다.

에싱실험을 위한 상압플라즈마의 형성은 200mm

웨이퍼급의 세라믹 전극을 이용한 DBD(dielectric barrier discharge)방식을 적용하였으며 별도의 플레이트 가열 없이 상온에서 실험을 실시하였다.[4]

포토레지스트 에칭율의 측정은 빛의 반사량에 근거하여 두께를 측정하는 비 접촉식 측정기 ST2000-DLXn (K-MAX)을 사용하였다. 측정기는 Fig. 1에 제시하였다.



Fig. 1 Measuring Instrument

3. 실험배치 및 선정

3.1 인자 선정 및 수준 결정

특성치는 포토레지스트 에칭율이며 클수록 좋다. 그러나 에칭율이 기본 포토레지스트 두께인 10000 (Å) 이상이 될 경우 웨이퍼에 손상을 줄 수 있으므로 에칭 시간의 조정이 필요하다.

제어인자는 이미 확보되어 있는 이전실험의 데이터를 바탕으로 하여 수준변경과 정확한 통제가 가능한 인자로 선정하였다. 본래의 공정조건을 2수준에 배치하고 상향과 하향의 발전 방향을 고려하여 3수준으로 분리하였다. 제어인자의 수준간격은 웨이퍼의 손상이 일어나지 않는 범위 내에서 결정하였다. 잡음인자는 에칭율의 불균일성을 고려하여 시편을 세 구역으로 나누어 측정하였다. Table 1에는 제어인자에 관한 수준선정 내용이 제시되어 있고 Table 2에는 잡음인자의 수준선정 내용이 주어져 있다.

Table 1. Control factors and levels

Control factors	Unit	Level		
		1	2	3
N ₂	LPM	160	180	200
O ₂	LPM	3	4	5
SF ₆	LPM	3	4	5
Voltage	Step	18	19	20
Interval	mm	1	2	3

Table 2. Noise factors and levels

Noise factors	Level		
	N 1	N 2	N 3
Measurement point	left	center	right

3.2 실험배치 설계 및 특성치 결과

실험은 직교배열표를 사용하여 수행되었고 제어인자는 L₁₈(2¹*3⁷)을 이용하여 내측에 배치하였고 잡음인자는 외측에 배치하였다. 에칭 시간은 5(sec)이며 동일 조건에 대하여 2회 반복 실험하였다.

포토레지스트 에칭율은 측정기를 이용하여 시편의 각 구역별로 3point를 측정하였다. 따라서 한 개의 시편에 9point의 측정이 이루어졌다.

특성치 결과는 Table 3에 나타내었으며 단위는 (Å)이다.

Table 3. Experimental results using orthogonal array table

NO	Repeat 1			Repeat 2		
	N 1	N 2	N 3	N 1	N 2	N 3
1	1254.1	1340.8	1242.4	1267.7	1263.1	1239.8
2	1107.4	1110.0	1117.3	1234.5	1238.8	1447.0
3	1097.0	1132.1	1129.0	1102.1	1117.1	1091.1
4	1084.7	1036.4	1031.0	1044.6	1056.6	1041.8
5	1237.2	1241.8	1347.7	1229.2	1255.0	1366.1
6	1075.8	1035.7	1027.5	1102.6	1138.8	1105.4
7	1647.9	1727.9	1695.4	1536.3	1517.2	1568.0
8	1666.5	1589.5	1534.4	1462.4	1373.1	1461.2
9	1867.6	2039.6	1817.5	2018.4	1720.4	1609.6
10	1377.4	1282.8	1588.2	1322.7	1410.0	1441.9
11	1585.6	1453.2	1362.8	1513.1	1509.5	1523.5
12	1387.5	1438.3	1495.9	1372.1	1453.5	1294.0
13	1134.2	2267.0	2262.3	1558.9	1742.2	1863.6
14	1648.0	1548.2	1704.2	1605.4	1701.6	1710.9
15	2035.4	1914.7	1991.3	1816.3	1761.2	1712.9
16	2045.2	2412.6	2535.9	1744.4	1942.8	1494.0
17	1886.4	1734.6	1945.9	1792.5	1705.5	1623.6
18	1817.3	2025.0	1682.3	1411.5	1655.3	1709.8

4. 포토레지스트리 에싱을 분석

4.1 S/N비 분석

실험의 특성치는 포토레지스트 에싱율이며 한정된 범위 내에서는 높을수록 좋다. 따라서 다구찌 기법의 정특성 중 망대특성이 적용된다. 망대특성의 S/N비는 다음과 같다.[5]

$$SN_{(망대)} = -10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \quad (1)$$

각 실험 번호에 따른 S/N비의 결과는 Table 4에서 확인할 수 있으며 각 인자의 수준별 S/N비와 공정 기여율(contribution)은 Table 5와 Fig. 2에 제시되어 있다.

Table 4. S/N ratio in each experiment

NO.	S/N ratio	NO.	S/N ratio
1	62.0533	10	65.2308
2	62.8863	11	64.9670
3	64.5409	12	61.5352
4	63.4419	13	62.1173
5	64.3479	14	64.1343
6	60.4135	15	65.7186
7	65.3945	16	64.3649
8	60.6588	17	60.9147
9	63.5540	18	62.9366

Table 5. S/N ratio according to the change of factor

factor	level			delta	contribution (%)
	level 1	level 2	level 3		
	S/N ratio	S/N ratio	S/N ratio		
N ₂	63.77	62.98	63.12	0.78	14.72
O ₂	63.44	63.20	63.22	0.24	4.53
SF ₆	63.32	63.10	63.45	0.35	6.6
Voltage	61.28	63.70	64.89	3.61	68.11
Interval	63.33	63.43	63.11	0.32	6.04

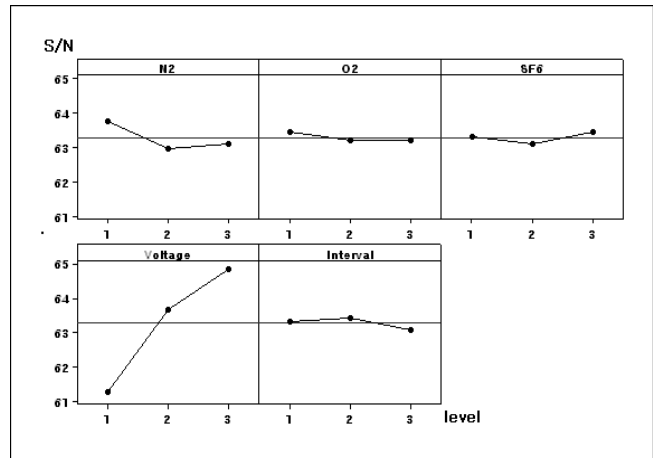


Fig. 2 Main effects plot for S/N ratio

4.2 최적수준 선정

S/N비의 결과를 고려하여 볼 때 최적인자 수준은 N₂, O₂의 경우 1수준, Interval은 2수준, SF₆와 Voltage는 3수준일 때 가장 좋은 포토레지스트 에싱율이 될 것으로 예상된다. 그러나 SF₆의 경우 인자 수준 간 변화가 적으므로 가스 사용에 따른 경제성을 고려하여 볼 때 1수준으로 정하는 것이 효과적이다.

위의 분석을 통하여 종합한 실험결과를 초기 인자조건에서의 포토레지스트 에싱율과 비교하여 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Comparisons of optimization results

	initial condition	optimal condition
S/N ratio	63.2546	65.6827
mean(Å)	1483.5	1956.79

새롭게 지정된 에싱조건은 기존의 조건에 비하여 2.5db 정도의 S/N비 이득이 생겼고 포토레지스트 에싱율의 측면에서 보면 5(sec)의 노출시간을 기준으로 약 475(Å) 정도가 향상되었다는 것을 알 수 있다.

공정 기여도는 제어인자의 주어진 수준범위 내에서 N₂와 Voltage가 시스템에 대하여 80%이상의 기여를 한다는 것을 알 수 있다. 또한 반응가스의 경우 오히려 기존의 가스양보다 적은 양의 투입으로도 원하는 포토레지스트 에싱율을 얻을 수 있다는 것을 확인하였다.

5. 결론

본 연구에서는 상압플라즈마를 이용한 에싱공정에 다구찌 기법을 연계하여 포토레지스트 에싱율을 향상시키기 위한 연구를 수행하였다. S/N비의 분석에 따라서

Voltage와 N₂가 시스템의 환경에 가장 큰 영향을 줄 수 있는 유의한 인자라는 결론을 도출할 수 있었다.

결과적으로 새로운 인자 수준의 변경에 따라서 약 2.5db의 S/N비 이득을 얻었고 포토레지스트 에싱율은 5(sec)기준으로 약 475(Å)만큼 향상되었다. 또한 기존의 공정에서 이용하던 반응가스의 투입량이 필요이상 높았다는 것을 파악함으로써 플라즈마 형성 시 사용되는 가스의 양을 줄일 수 있었다.

본 연구의 결과는 향후 진행될 300mm 웨이퍼급 세대로의 확장을 위한 주요한 설계요소의 기반이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술 혁신사업 (RT104-01-02) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 송준엽, 강재훈, 허성필, 이화조, “ 환경친화적 페브라운관 세정시스템 개발”, 한국정밀공학회지, 제20권, 제1호, 1월, 2003.
- [2] 조중희, 강방권, 김경수, 진경복, 이우영, “대기압 글로우 플라즈마를 이용한 반도체 리드프레임 도금 전처리 세정 기술”, 한국반도체및디스플레이장비학회, 춘계학술대회논문집, 2005.
- [3] Lee Kwon-hee and Joo won-sik, “Robust Design of a Driver-Side Airbag Using the Taguchi Method,” Transaction of KSAE, Vol. 12, No. 2, pp. 131-138, 2004.
- [4] 송영훈, 김용진, “상압 플라즈마를 이용한 반도체 공정에서의 배출가스 처리기술”, 한국정밀공학회지, 제19권, 제8호, 8월, 2002.
- [5] 황건용, 이홍주, 황상문, 권중학, 김광석, “다구찌 기법을 이용한 모바일폰의 음향 특성 향상 설계”, 한국소음진동공학회, 제16권, 제10호, pp. 997-1004, 2006.